

03E-D142

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-222097

(43)Date of publication of application : 17.08.2001

(51)Int.Cl. G03F 1/08
H01L 21/027

(21)Application number : 2000-031943 (71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 09.02.2000 (72)Inventor : KANEMITSU HIDEYUKI

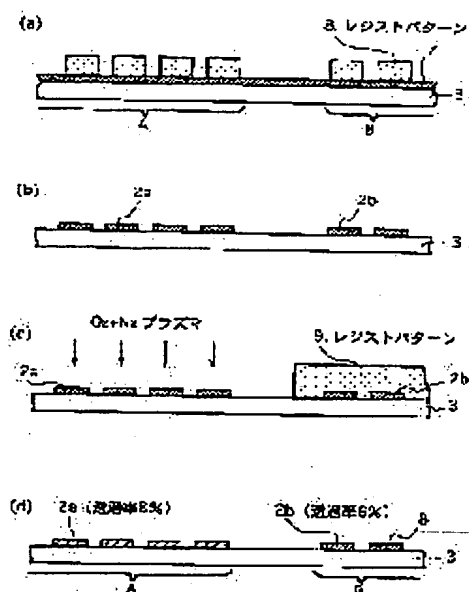
(54) PHASE SHIFT MASK, AND METHOD OF MANUFACTURING THE SAME

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the critical dimension differences between the dense and coarse segments of resist patterns generated in consequence of a flare at the exposure, relating to an attenuated type shift mask.

SOLUTION: The phase shift mask having patterns which are formed on a transparent substrate 3 and consist of light shielding film forming parts to allow the transmission of light in an antiphase with respect to light shielding film non-forming parts has a first pattern 2a consisting of the light shielding film formed in a first region A on the transparent substrate 3 and a second pattern 2b consisting of the light shielding film formed in a second region B having the light shielding film coverage smaller than the light shielding film coverage of the first region A on the transparent substrate 3. The light transmittance of the first pattern 2a within the first region A is made larger than the light transmittance of the second pattern 2b within the second region B.

本発明の実施形態に係る位相シフトマスクの製造工程を示す断面図



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application, other than the examiner's decision of rejection or application converted]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2001-222097
(P2001-222097A)

(43) 公開日 平成13年8月17日 (2001.8.17)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

G 0 3 F 1/08
H 0 1 L 21/027

F I

G 0 3 F 1/08
H 0 1 L 21/30

テーマコード(参考)

A 2 H 0 9 5
5 0 2 P 5 F 0 4 6
5 2 8

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願2000-31943(P2000-31943)

(22) 出願日 平成12年2月9日(2000.2.9)

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号

(72) 発明者 金光 英之

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番
1号 富士通株式会社内

(74) 代理人 100091672

弁理士 岡本 啓三

Fターム(参考) 2H095 BB02 BB03 BB17 BB31 BB32
BB33 BB35 BC05
5F046 AA25 CB17 DA06 DA29 PA01
PA02

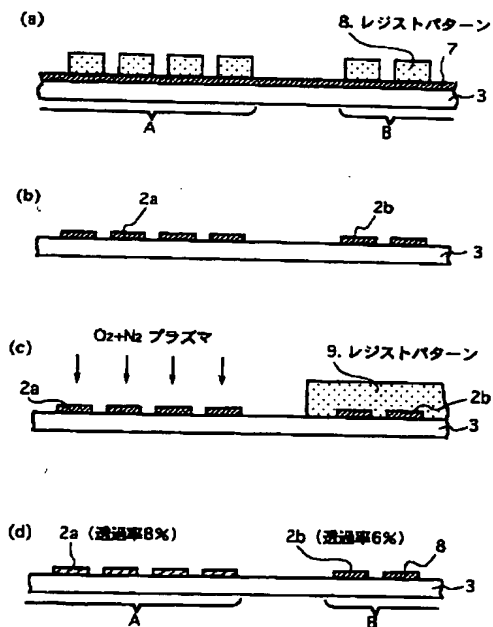
(54) 【発明の名称】 位相シフトマスク及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 アテニュエイティド (attenuated) 型の位相シフトマスクに関し、露光時のフレアが原因で発生するレジストパターンの疎密部分間でのクリティカルディメンジョン差を極力抑えること。

【解決手段】 透明基板3に形成され、遮光膜非形成部分に対して光を逆位相で透過させる遮光膜形成部分からなるパターンを有する位相シフトマスクであって、透明基板3上の第1領域Aに形成された遮光膜からなる第1パターン2aと、前記透明基板3上の前記第1領域Aよりも遮光膜被覆率が小さい第2領域Bに形成された遮光膜からなる第2パターン2bとを有し、第1領域A内の第1パターン2aの光透過率を第2領域B内の第2パターン2bの光透過率よりも大きくしたことを含む。

本発明の実施形態に係る位相シフトマスクの
形成工程を示す断面図



【特許請求の範囲】

【請求項1】透明基板上に形成され、遮光膜非形成部分に対して光を逆位相で透過させる遮光膜形成部分からなるパターンを有する位相シフトマスクであって、前記透明基板上の第1領域に形成された遮光膜からなる第1パターンと、前記透明基板上の前記第1領域よりも遮光膜被覆率が小さい第2領域に形成された遮光膜からなる第2パターンとを有し、前記第1領域内の前記第1パターンの光透過率を前記第2領域内の前記第2パターンの光透過率よりも大きくしたことを特徴とする位相シフトマスク。

【請求項2】前記第1領域内の前記第1パターンの光透過率は、前記第1領域内の周辺部分よりも中央部分の光透過率を大きくすることを特徴とする請求項1に記載の位相シフトマスク。

【請求項3】前記遮光膜はモリブデンシリコンであり、前記第1パターンの酸素含有量は前記第2パターンの酸素含有量よりも多いことを特徴とする請求項1に記載の位相シフトマスク。

【請求項4】透明基板の上に遮光膜を形成する工程と、前記遮光膜をパターンニングして第1領域に第1パターンを形成し、且つ、第2領域に第2パターンを形成する工程と、前記第2領域よりもパターン密度が高い前記第1領域内に存在する前記第1パターンをプラズマ照射、エッチングして透過率を高くするか、或いは、前記第2領域内に存在する前記第2パターン上に膜を形成して透過率を低くする工程とを有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法。

【請求項5】前記遮光膜はモリブデンシリコン膜であり、前記プラズマ照射は酸素含有雰囲気中で行われることを特徴とする請求項4に記載の位相シフトマスクの製造方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、位相シフトマスク及びその製造方法に関し、より詳しくは、アテニュエイティド (attenuated) 型の位相シフトマスク及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体装置の製造工程においては、絶縁体、半導体、金属などの膜をパターンニングするためにフォトリソグラフィ法が用いられている。フォトリソグラフィ工程での解像力を向上する手段として、投影露光装置等の従来のフォトリソグラフィ工程の環境を流用し、マスク上に透過光の位相をずらす位相変化膜を形成してなる位相シフトマスクと呼ばれるフォトマスクを用いる方法があり、従来の遮光膜に対して位相変化膜を適用するときの形状および配置方法の違いにより幾種類の

方式が存在する。

【0003】位相シフトマスクの中で、本来不透明であるはずの露光光遮光膜の透過率をある程度高め、かつ、開口部分を通して光との位相を逆位相に保つことによりパターンの解像力を向上させる方法にアテニュエイティド型位相シフトマスク (以下、APSMと略す。) がある。尚、APSM型位相シフトマスクは、ハーフトーンマスクを含む概念である。

【0004】このタイプの位相シフトマスクによる解像力改善の効果は、レベンソン (Levenson) 型の位相シフトマスクよりも少し劣るが、レベンソン型の位相シフトマスクよりも製造方法が非常に簡単であるため、半導体メーカーでは広く一般に使用されている。フォトマスクのマスクパターンの発生方法としては、設計パターンを拡大した設計図面を作製し、その設計図面からマスクパターン発生装置に設計パターンを入力し、その設計パターンと同一形状のマスクパターンのみを発生する手段しか有さず、また、マスクパターン発生装置に関しても同様に、設計パターンと同一形状のマスクパターンのみを発生する手段しか有していない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】デバイスの微細化が進み、デバイスのクリティカルディメンション (CD)、即ちパターンの最小寸法が半導体ウェハ上で0.15 μ m以下になると、ステップ、スキナなどの露光装置に起因する迷光 (フレア (flare)) の問題が以前よりも顕著になり、また、透明基板上のクロム (Cr) 膜やモリブデンシリコン (MoSi) 膜の被覆率の低いレチクルほどフレアの影響が大きくなる。

【0006】フレアは、露光装置内のレンズの微細な凹凸やウェハ表面で反射した散乱光が原因であり、膜のパターンに重要な役割をもたらす露光光のコントラストを劣化させ、結果的には、微細パターンの露光マージンを低下させたり、形状劣化をもたらす。従来のAPSM型の位相シフトマスクを使用するレジスト露光方法によれば、遮光部分の露光光透過率が面内で同一のため、投影露光装置がもつフレアの悪影響により、同一寸法のパターンを露光しても、パターン疎密により、同一の寸法を得ることが非常に困難であった。即ち、パターンの疎密の違いにより、位相シフト効果の効き具合が微妙に異なり、パターン粗密部分間での寸法差を発生させる。

【0007】それらの問題は、レチクル上のパターン疎密の差が大きいシステムLSI向けのデバイス開発等で今後さらに大きくなる可能性が非常に高いが、従来のマスクパターン発生装置では設計パターンと同一形状のマスクパターンを発生するのみである。なお、以上のようなパターンの疎密領域間のフレアによる問題は、いっさい手が付けられておらず、本願発明者が実験により確認したことである。

【0008】本発明の目的は、露光時のフレアが原因で

発生するレジストパターンの疎密部分間でのクリティカルディメンジョン差を極力抑えることができる位相シフトマスク及びその製造方法を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記した課題は、透明基板上に形成され、遮光膜非形成部分に対して光を逆位相で透過させる遮光膜形成部分からなるパターンを有する位相シフトマスクであって、前記透明基板上の第1領域に形成された遮光膜からなる第1パターンと、前記透明基板上の前記第1領域よりも遮光膜被覆率が小さい第2領域に形成された遮光膜からなる第2パターンとを有し、前記第1領域内の前記第1パターンの光透過率を前記第2領域内の前記第2パターンの光透過率よりも大きくしたことを特徴とする位相シフトマスクによって解決される。

【0010】この場合、前記第1領域内の前記第1パターンの光透過率は、前記第1領域内の周辺部分よりも中央部分の光透過率を大きくしてもよい。また、遮光膜がモリブデンシリコンの場合に、第1パターンの酸素含有量を第2パターンの酸素含有量よりも多くしてもよい。

また、上記した課題は、透明基板の上に遮光膜を形成する工程と、遮光膜をパターンニングして第1領域に第1パターンを形成し、且つ、第2領域に第2パターンを形成する工程と、第2領域よりもパターン密度が高い第1領域内に存在する第1パターンをプラズマ照射、エッチングして透過率を高くするか、或いは、第2領域内に存在する第2パターン上に膜を形成して透過率を低くする工程とを有することを特徴とする位相シフトマスクの製造方法によって解決される。この場合、遮光膜はモリブデンシリコン膜であり、プラズマ照射は酸素含有雰囲気中で行われるようにしてもよい。

【0011】次に、本発明の作用について説明する。本発明によれば、アテニューエイティド型位相シフトマスクにおいて、パターンの疎密に応じて露光光の遮光部分の光の透過率を異ならせるようにしたので、フレアの影響の大小によるパターン寸法差が小さくなり、露光マージを大きくすることが可能になる。

【0012】この場合、パターンの遮光部分での露光光の透過率を複数の段階に異ならせる方法としては、遮光膜の組成や膜厚を変化させて遮光部分の光吸収量を変化させることが例にあげられる。また、遮光部分の透過率を非常に細かく調整することにより、露光装置が有するグローバルな各種収差もある程度抑制できることになる。

【0013】

【発明の実施の形態】以下に本発明の実施形態を図面に基づいて説明する。図1は、本発明の実施形態に使用するレチクルの機能に応じて形成された複数のパターン領域を示す平面図である。図1(a)に示すレチクル1は例えばAPSM型位相シフトマスクであり、そこには例え

ば同図(b)に示すように少なくとも数%の露光光を透過するモリブデンシリコン(MoSi)膜のような遮光膜(光減衰膜)からなるパターン2がガラス基板3の上に複数の領域に形成されている。それらのパターン2は、ガラス基板3の第1領域Aでは例えば80%のMoSi被覆率を有し、第2領域Bでは例えば20%のMoSi被覆率を有している。そのようなMoSi被覆率のレチクルを本実施形態のTEGとして用いることにする。

【0014】ここで、被覆率は、各領域A、BにおいてMoSiのような遮光膜が占める面積の割合である。例えば図1(b)に示すように、幅130nm×長さ710nmの大きさのデバイス評価用のパターン2がガラス基板3上に複数形成されている場合に、第1領域Aと第2領域Bのそれぞれにおいてパターン2を構成するMoSi膜の合計の面積を各領域A、Bの面積で割った百分率で示される。

【0015】ここで、従来のハーフトーン型のレチクルは、各領域A、Bでは同じ光透過率のMoSi膜からパターン2が形成されている。そして、第1領域Aのパターン密度(MoSi被覆率)を高く、第2領域Bのパターン密度(MoSi被覆率)を低くして、そのレチクルをスキャナ露光装置に装着してポジ型レジストを露光すると、そのレチクルのパターン2とその間を透過した光のウェハ上での強度は、第1領域Aでは図2(a)に示すようになってフレアの影響が小さく、また、第2領域Bでは図2(b)に示すようになってフレアの影響が大きくなる。

【0016】例えば、MoSi膜の光透過率を6.0%に面内均一となし、開口率が0.68のKrF(波長248μm)スキャナーを使用して半導体ウェハ4上のレジストを露光し、ついで現像したところ、同じ幅のパターンについて、フレアの影響が小さな第1領域Aとフレアの影響が大きな第2領域Bとでは各領域間の差が顕著に取れた。即ち、フレアの影響が小さなA領域ではレジストの露光が不足傾向になって、現像後のレジストパターン5aの断面形状は図3(a)のようになる一方、フレアの影響が大きな第2領域Bではレジストの露光がオーバー傾向になって現像後のレジストパターン5bの断面形状は図3(b)のようになった。

【0017】そのようなレジストパターンの形状劣化の問題を解決する方法として、光学的近接効果補正(OPC(optical proximity correction))のような手法もあるが、これは、数μmの範囲の近接領域にあるレジストパターン形状の補正方法あり、フレアのようなグローバルな領域での補正に適用することはできない。そこで、本実施形態では、グローバル領域でのフレアによるレジストパターンの寸法バラツキを防止するために、以下のような方法を採用する。

【0018】半導体ウェハ上に形成しようとする微細パターンの配置部分に対応する複数の領域ではレチクルの光遮蔽率が高いか低いかによって、露光後のレジストパ

ターン形状は大きく変化する。即ち、レチクルにおけるMoSi被覆率の低い領域では光のドーズが最適より過剰になり、MoSi被覆率の高い領域では光のドーズが最適より不足する。

【0019】この理由としては、図2(a), (b)に示したように、フレアの影響により光ドーズ量がMoSi被覆率の低い領域ではMoSi被覆率の高い領域よりも僅かながら高くなっている。これにより、露光の際の光ドーズ量をMoSi被覆率の低い部分に合わせてしまうと、図3(a), (b)に示したように、MoSi被覆率の高い領域では露光光ドーズ量が低めになってしまい、MoSi被覆率の高い部分に合わせてMoSi被覆率の低い領域では露光光ドーズ量が高めになってしまう。

【0020】レジストパターン形状に与えるフレアの影響の程度は、クリティカルディメンジョンに換算した場合に、パターン、露光条件により多少異なるが、上記したTEGについて、最適ドーズ量の約1~4%である。そして、本願発明者の実験によれば、MoSi被覆率とクリティカルディメンジョン(CD)の関係は図4に示すように一定の比例関係があることがわかった。図4において、クリティカルディメンジョンは、図1(b)に示したパターン2の幅に関するものであり、また、2つの特性線AA、PAの違いは、各種パターンのサイズ、露光条件等によって異なってくることを示している。なお、フレアの発生具合は、スパッタのメーカーや機種により異なる。

【0021】以上の結果に基づいて、本願発明者は、ハーフトーンマスク(レチクル)上の被覆率からフレアの影響度合いを調査し、異なるパターン密度領域毎にハーフトーンマスクの光透過率を調整する手法を開発し、フレアによるパターン間のクリティカルディメンジョン差や形状不良を大幅に改善することに成功した。ハーフトーンマスクの光透過率調整方法を例にあげて説明する。

【0022】まず、遮光膜の被覆率の高い第1領域Aの光透過量を多くするために、第1領域Aのパターンの光透過率を高くする方法としてその領域でのMoSiパターンを局所的にMoSiONパターンに変化させるようにした。これは、図4に示すように、MoSiONの被覆率を大きくするほどクリティカルディメンジョンが小さくなることに特性に基づくものである。

【0023】次に、図5に示すように、レチクル1における第1領域A、第2領域Bのそれぞれの所定の点を中心にして所定半径内での遮光膜の被覆率を設計データから算出して、その結果を一旦結合する。或いは、図6に示すように、レチクル1を例えば1mm×1mmの大きさの矩形ユニットUに区画し、そのユニットU毎のMoSi被覆率を設計データから算出して、その結果を一旦結合する。

【0024】そして、最もクリティカルディメンジョン制御が必要な部分のフレア、又は、MoSi被覆率の差が最

も大きい部分のフレアを緩和するのに必要なAPSM透過率補正量を図4に示す特性に基づいて算出する。即ち、図4において、遮光膜の光透過率を大きくすることによって、見かけ上のMoSi被覆率を小さくするように調整する。この場合、図6に示したように必要に応じて多段階的にAPSMの透過率を制御するようにしてもよい。

【0025】その結果に合わせて遮光パターンの透過率を補正すべき領域を特定し、次に例示するような方法で透過率の補正を行う。まず、図7(a)に示すように、レチクルのガラス基板3の上にMoSi膜7を形成し、さらにMoSi膜7上に第1レジストパターン8を形成する。そして、第1レジストパターン8に覆われない部分をエッチングして第1領域A、第2領域B等にパターン2を形成した後に、図7(b)に示すように第1レジストパターン8を除去する。

【0026】ついで、図7(c)に示すように、フォトレジストをガラス基板3の上に塗布した後に、これを露光、現像して第2レジストパターン9を形成する。第2レジストパターン9は、MoSi被覆率の低い第2領域Bを選択的に覆う形状にする。その後に、ドライエッチング装置を用いて、第2レジストパターン9から露出した第1領域Aのパターン2の表面を酸素(O₂)と窒素(N₂)の混合ガス雰囲気中でプラズマ処理することにより、そのMoSiパターン2の少なくとも表面をMoSiONに変える。なお、プラズマ処理されたパターン2の膜厚は殆ど変化せず、その位相はプラズマ処理されないパターン2と実質的に同じであって、ガラス基板3を透過した光と逆位相で光を透過する。また、プラズマ処理の代わりにエッチングを行って透過率を調整するようにしてもよいし、第2領域Bのパターン2上にCVD等により膜を積層して透過率を低く調整するようにしてもよいが、その膜厚の増加量又は減少量は、透過光の位相が許容範囲から外れない程度にする。

【0027】これにより、図7(d)に示すように、第1領域Aのパターン2の光透過率が高くなるように微妙に調整されることになる。これによって図7(d)に示したようなレチクル(ハーフトーンマスク(HT))の第1領域Aと第2領域Bを透過した光の半導体ウェハ上での強度と位相は図8(a), (b)のようになり、パターン疎領域とパターン密領域で生じていたフレアの相違によるCDへの悪影響を大幅に抑制することが可能になった。そして、そのような透過率が調整された遮光膜パターン2を使用して半導体ウェハ上のレジストを露光し、ついで現像したところ、第1領域Aのレジストパターンは図9(a)に示すような断面形状となり、また第2領域Bでは図9(b)に示すような断面形状が得られ、それらの領域A、Bにおける同一設計幅のレジストパターンには寸法形状差は殆ど観られなかった。

【0028】ところで、上記したパターンの光透過率の

調整は、領域間のパターン疎密の違いに基づいて各領域毎に行うだけでなく、少なくとも1つの領域内の1カ所だけパターンの透過率を異ならせる場合もあり、あるいは、1つの領域内で部分毎に変化させてもよい。例えば、図10に示すように、第1領域A内で、MoSi又はMoSiONの透過率を2%のステップで6～10%の範囲で高くする。その第1領域Aにおいて、周囲にパターンが存在しない周辺部分ではフレアによる影響が大きいので、その周辺部分の遮光膜パターンの光透過率を6%と小さくし、中央部分の遮光膜パターンの光透過率を10%と大きくし、周辺部分と中央部分の間の中間部分の遮光膜パターンの光透過率を8%とする。さらに、フレアの影響が大きい第2領域B内の全体の遮光膜パターンの透過率を6%にする。

【0029】また、投影露光装置に用いるフォトマスクのマスクパターンの発生方法では、投影露光装置が有している収差の影響とフレアとの影響を合わせ込み、マスク内の最適透過率を計算するようにしてもよい。さらに、レチクル上のターゲットパターンに着目して、その着目したパターンが含まれる領域のみを選択して被覆率を計算する機能を設計装置内に組み込んでよい。

【0030】上記したフォトマスク（位相シフトマスク）は、半導体装置の製造方法に対して以下のように適用することができる。即ち、その半導体装置の製法は、半導体基板上に絶縁体、半導体又は導電体の第一膜を形成する工程と、前記第一膜上にレジストを形成する工程と、透明基板上に形成され且つ遮光膜非形成部分に対して光を逆位相で透過させる遮光膜形成部分からなるパターンを有する位相シフトマスクであって、前記透明基板の第1領域に形成された遮光膜からなる第1パターンと、前記透明基板の前記第1領域よりも遮光膜被覆率が小さい第2領域に形成された遮光膜からなる第2パターンとを有し、前記第1領域内の前記第1パターンの光透過率を前記第2領域内の前記第2パターンの光透過率よりも大きくした位相シフトマスクを用いて前記レジストを露光する工程と、前記レジストを現像して所望のレジストパターンを形成する工程と、前記レジストパターンを用いて前記第一膜をパターンニングする工程とを有する。

【0031】

【発明の効果】以上述べたように本発明によれば、アテニューエイティド型の位相シフトマスクにおいて、密の領域のパターンの光透過率を、疎の領域のパターンの光透過率よりも高くしたので、フレアによるレジストへの光ドーズ量のバラツキを小さくして疎密パターン間のCD差やパターン形状を大幅に改善することができ、加えて露光マージの大幅な改善が可能になり、130nmレベルの半導体素子開発に大変有効な技術となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る位相シフトマスクのパターン形成領域とその領域内の遮光パターンを示す平面図である。

【図2】従来の位相シフトマスクによる露光光強度分布を示す図である。

【図3】従来の位相シフトマスクを用いて形成されるレジストパターンの断面図である。

【図4】本発明の実施形態に係る位相シフトマスクのMoSiON被覆率とCDの関係を示す図である。

【図5】本発明の実施形態に係る位相シフトマスクの面内遮光膜被覆率分布の比較の第1例を示す平面図である。

【図6】本発明の実施形態に係る位相シフトマスクの面内遮光膜被覆率分布の比較の第2例を示す平面図である。

【図7】本発明の実施形態に係る位相シフトマスクの形成工程を示す断面図である。

【図8】本発明の実施形態の位相シフトマスクによる露光光強度分布を示す図である。

【図9】本発明の実施形態の位相シフトマスクを用いて形成されるレジストパターンの断面図である。

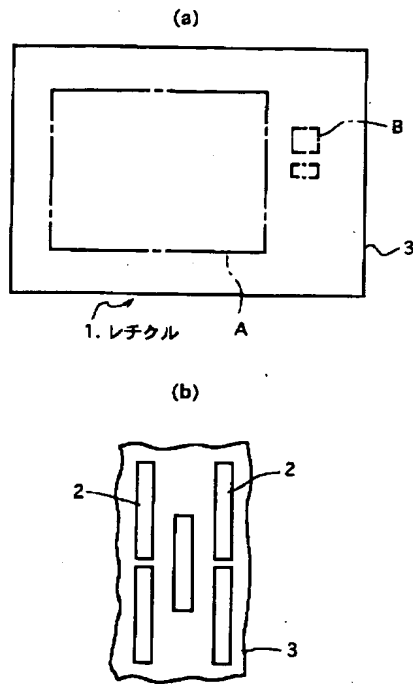
【図10】本発明の実施形態の位相シフトマスクを用いて形成されるレジストパターンの断面図である。

【符号の説明】

1…レチクル（位相シフトマスク）、2…遮光パターン、3…ガラス基板（透明基板）、4…半導体ウェハ、5a、5b…レジストパターン、7…MoSi膜（遮光膜）、8、9…レジストパターン、A…第1領域、B…第2領域。

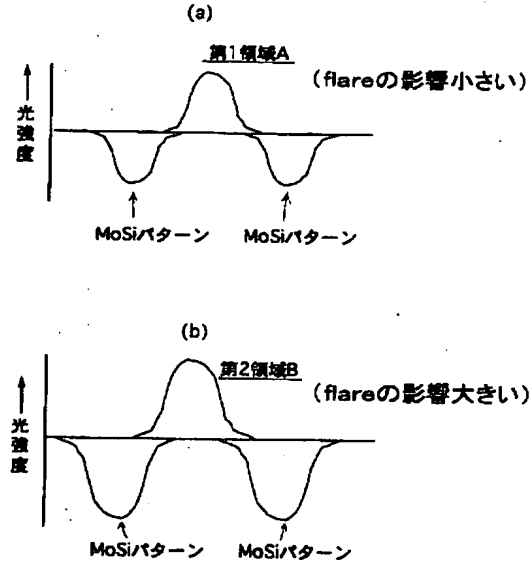
【図1】

本発明の実施形態に係る位相シフトマスクのパターン領域とその領域内の透光パターンを示す平面図



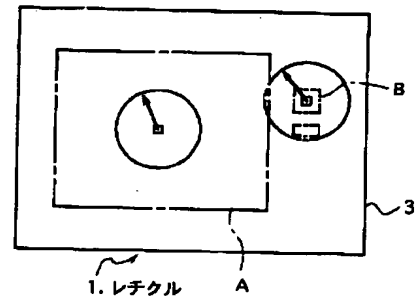
【図2】

従来の位相シフトマスクによる露光光強度分布を示す図



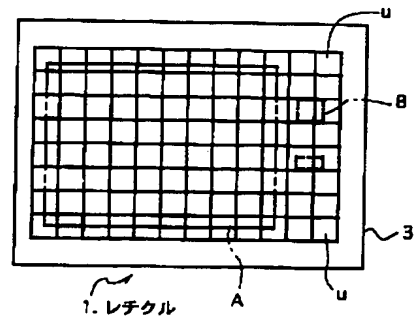
【図5】

本発明の実施形態に係る位相シフトマスクの面内透光率分布の比較の第1例を示す平面図



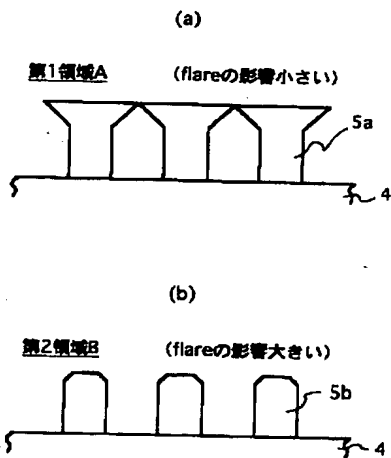
【図6】

本発明の実施形態に係る位相シフトマスクの面内透光率分布の比較の第2例を示す平面図



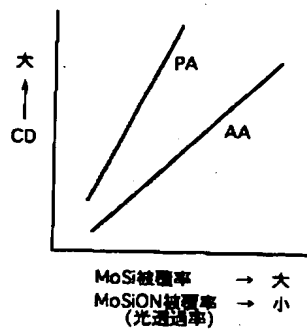
【図3】

従来の位相シフトマスクを用いて形成されるレジストパターンの断面図



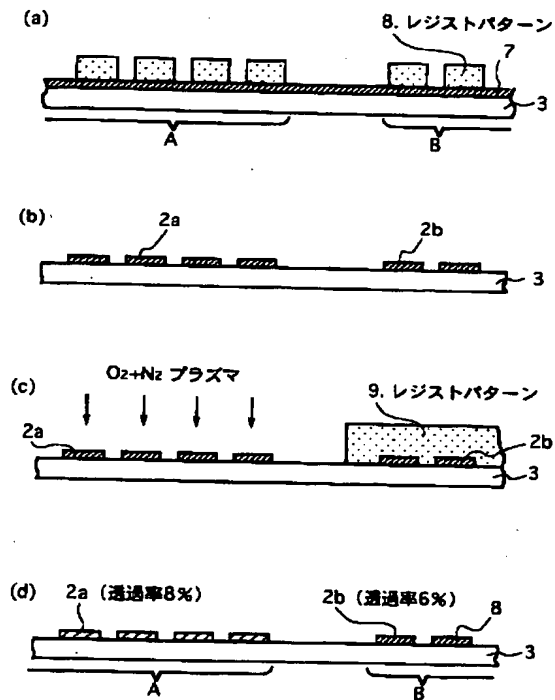
【図4】

本発明の実施形態に係る位相シフトマスクのMoSiON被覆率とCDの関係を示す図



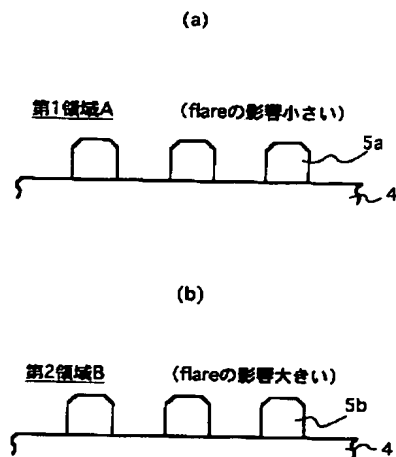
【図7】

本発明の実施形態に係る位相シフトマスクの
形成工程を示す断面図



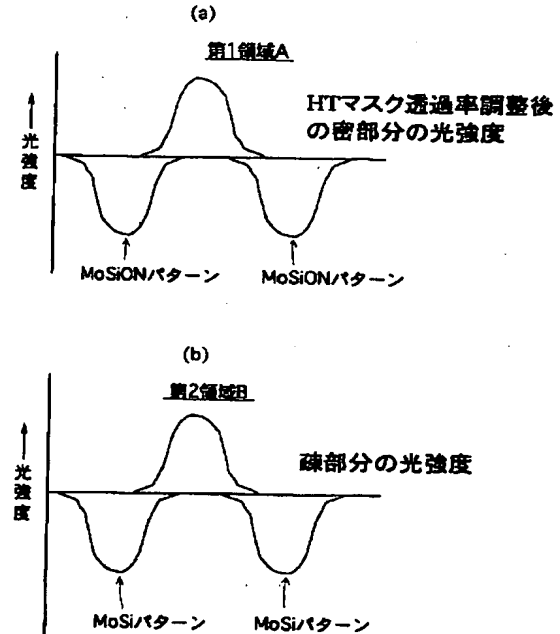
【図9】

本発明の実施形態の位相シフトマスクを
用いて形成されるレジストパターン断面図



【図8】

本発明の実施形態の位相シフトマスクによる
露光強度分布を示す図



【図10】

本発明の実施形態に係る位相シフトマスク
の光透過率の平面分布を示す図

